Aus dem hygienischen Institut der Universität Bonn.

# Ueber die Verdaulichkeit mehrerer Eiweiss-Substanzen.

## Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der hohen medicinischen Facultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am 11. Mai 1901

von

**Adolf Schütz,**

approb. Arzt.

BONN 1901.

Druck von Jean Trapp,

Stiftsgasse 19.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548103_0069

In demselben Masse wie bei den modernen Behandlungsmethoden der Krankheiten die diätetischen Methoden in der neueren Zeit in den Vordergrund getreten sind und sowohl in der Praxis der Aerzte als in der medicinischen Litteratur einen hervorragenden Platz einzunehmen beginnen, muss es auch wünschenswerth sein, über die Verwendbarkeit der hervorragendsten Eiweisskörper genau Bescheid zu wissen. Sowohl bei den Reconvalescenten als auch im Laufe chronischer Krankheiten wird immer wieder auf die Zufuhr einer genügenden Eiweissmenge zur Ernährung besonderer Nachdruck gelegt werden müssen, und die Wahl der zur Unterstützung der Ernährung zu verabfolgenden Eiweissarten wird immer wieder die Verdaulichkeit derselben in besondere Rücksicht ziehen müssen. Man ist schon lange darüber einig geworden, dass diejenigen Stoffe, welche unter der Bezeichnung Peptone in den Handel gekommen sind, nicht alle von gleicher Natur sind und dass sie für die Ernährung nicht ganz indifferente Eiweissstoffe darstellen. Wenn man einerseits auf diese Stoffe nicht ohne Weiteres greifen kann zum Zwecke einer energischen Krankenernährung, so wird man sich den noch nicht verdauten natürlichen Eiweissstoffen zu diesem Zwecke zuwenden müssen. Diese ganze Gruppe von Eiweissstoffen enthält aber ausserordentlich verschiedenartige Substanzen, so dass ohne Zweifel für die Aufnahme derselben ins Blut die Verdaulichkeit eine Rolle spielen muss. In der Nahrungsmittellehre wird gewöhnlich nach

zwei Richtungen hin von der Verdaulichkeit der Stoffe gesprochen; einmal ist damit gemeint die Möglichkeit, durch künstliche Verdauungsversuche nachzuweisen, wie leicht oder wie schwer die Peptonisirung des betreffenden Stoffes stattfinden kann, und zweitens versucht man durch Experimente an Menschen und Thieren die „Ausnützung„ der betreffenden Nahrungsstoffe zu bestimmen, indem man die im Koth ausgeschiedenen Stickstofftheile als unresorbiert und unresorbierbar in Anrechnung bringt. Namentlich diese letzte Methode der Werthbestimmung von Eiweisssubstanzen ist in der letzten Zeit vielfach angewandt worden und zwar ausserordentlich häufig ohne die nöthige Kritik nach einer fast zur Schablone gewordenen Art. Infolge dessen sind vielfach die dadurch erzielten Resultate irreführend für die Beurtheilung der Eiweissstoffe geworden. Die erstere Methode, welche sich bezieht auf das Experiment im Brütofen durch künstliche Verdauungsgemische ist ebenfalls nicht vollkommen einwandfrei. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, die künstlichen Verdauungsversuche unter dieselben Bedingungen zu bringen wie die Verdauung im menschlichen oder thierischen Magen vor sich geht. Das geht schon daraus hervor, dass es überhaupt unmöglich ist, in künstlichen Verdauungsgemischen mit solcher Geschwindigkeit und einem solchen klaren einfachen Endeffekt die Peptonisirung herzustellen, wie es der lebende Magen thut. Aber immerhin können gewisse Fragen durch diese künstlichen Verdauungsgemische gelöst werden. In erster Linie steht hier die Frage nach der Qualität der durch das Verdauungsgemisch erzielten Verdauungsprodukte.

Rücksichtlich der fortschreitenden Verdauung wird es praktisch sein, die Eiweisssubstanzen in drei Kategorien einzutheilen.

I. Genuine, einfach gelöste Eiweisssubstanzen, welche sich, noch ehe die Pepsinwirkung stattfindet, in der Verdauungsflüssigkeit bilden,

II. die Gruppe der sämmtlichen Uebergangsstoffe, welche als Albumose, Propeptone, Parapeptone etc. bezeichnet werden, und

III. die Gruppe der eigentlichen Peptone.

Es wird sich empfehlen, diese drei Gruppen durch folgende Reaktionen von einander zu trennen.

Erste Gruppe: Die betreffenden Substanzen werden entweder durch Kochen oder durch Salpetersäure aus ihren Lösungen gefällt.

Zweite Gruppe: Diese Substanzen werden durch Essigsäure und Ferrocyankalium oder durch Ammoniumsulfat oder Zinksulfat gefällt.

Dritte Gruppe: Diese Substanzen werden durch die vorher angeführten Reaktionen der Gruppe 1 und 2 nicht zur Fällung gebracht, dagegen bei neutraler Reaktion durch Gerbsäure ausgefällt.

Durch diese einfachen Methoden ist es möglich, ein Urtheil zu gewinnen über das Vorhandensein von Eiweissstoffen, welche in die eine oder andere dieser drei Gruppen gehören. Auf dieser Ueberlegung fussend, habe ich es unternommen, Versuche über die Verdaulichkeit mehrerer Eiweissarten auszuführen und zwar wählte ich zu solchen das Hühnereiweiss, das Aleuronat, Plasmon und Tropon. Das Hühnereiweiss sollte gewissermassen den normalen Verlauf der Eiweisverdauung demonstriren lassen, denn man kennt dessen Verhalten am genauesten. Wenn sonst vielfach zu Verdauungsversuchen das Fibrin benutzt wird, so habe ich absichtlich davon abgesehen, weil eben das Fibrin die Eigenschaft hat, sehr leicht in verdünnter Salzsäure sich zu lösen, so dass dadurch der Einblick gestört wird, wieviel das Ferment,

also der eigentliche Verdauungsvorgang an der Lösung betheiligt ist und wieviel die Salzsäure allein fertig gebracht hat. Bei zukünftigen Untersuchungen über die Lösung der Eiweisssubstanzen wird es von grossem Vortheil sein, die Bestimmung der aufgelösten Eiweisskörper dadurch zu erzielen, dass man den Stickstoff in der Lösung nach Kjeldahl bestimmt. Es ist dies viel einfacher, als die umständlichen Fällungen der Substanzen hervorzubringen und dann erst die reine gewonnene Eiweisssubstanz zu wiegen. Aber ehe man dies ausführen könnte, müsste man Bescheid wissen über diejenige Stickstoffmenge, welche durch Anwendung des Verdauungsfermentes selbst in die Lösung hinein gerathen. Nach dieser Ueberlegung habe ich es unternommen, zuächst Stickstoffbestimmungen der zu Verdauungsversuchen nöthigen Fermente anzustellen. Ich habe diese Stickstoffbestimmungen bei Ptyalin, Pepsin, Pancreatin und Trypsin gemacht.

Danach habe ich Aschebestimmungen derselben Fermente vorgenommen, drittens habe ich den Wassergehalt dieser pulverigen Substanzen bestimmt und viertens diese Fermente mit Aether extrahiert und dabei noch im Aetherexstrakt wieder Stickstoffbestimmungen vorgenommen.

Der zweite Theil meiner Arbeit beschäftigt sich damit, die genannten Fermente aufzulösen und in den Lösungen die oben genannten Eiweissreaktionen auszuführen, um zu sehen, inwieweit die genannten Fermente selbst durch ihre Auflösung auf die auszuführenden Fällungsreaktionen einen Einfluss ausüben würden.

Der dritte Theil der Arbeit umfasst Verdauungsversuche. Es wurden die betreffenden Eiweisssubstanzen der Einwirkung der verschiedenen Verdauungsfermente unterworfen bei Temperaturen von etwa 40° im Brütofen. Um dabei den natürlichen Gang der Einwirkung von Fer-

menten, welcher bei der Nahrungsaufnahme selbst statt hat, nachzuahmen, habe ich das Eiweiss erst mit Ptyalin behandelt, dann mit Ptyalin, Salzsäure und Pepsin, darnach die Einwirkung beobachtet, welche nach Ptyalin, Salzsäure und Pepsin nach Neutralisation mit Soda und Zufügung von Pancreatin oder Trypsin stattgefunden hat.

Im vierten Theil der Untersuchung ist Tropon der künstlichen Verdauung mit Pepsin unterworfen worden, um zu sehen, wie dieses Eiweiss durch die künstliche Magenverdauung beeinflusst wird, um namentlich zu constatiren, ob dieser Eiweisskörper durch Pepsin und Salzsäure vollkommen peptonisirt wird oder ob in seiner Constitution ein Hinderniss für eine absolute Verwandlung in Pepton vorliegt. Zu diesem Zweck habe ich natürlich quantitative Analysen machen müssen, welche derartig zeitraubend sind, dass eine grössere Anzahl von Versuchen darüber nicht durchgeführt werden konnte.

# I.

Den ersten Teil meiner Arbeit bildet die Analyse der vier Verdauungsfermente Ptyalin, Pepsin, Pancreatin und Trypsin; Pepsin und Pancreatin waren von Finzelberg's Nachfolger in Andernach bezogen, die Fermente Ptyalin und Trypsin von Merck in Darmstadt.

Zunächst bestimmte ich den Stickstoffgehalt dieser Fermente, sowohl den Gesammt-N, als auch die Menge des in Form von Eiweiss enthaltenen N. Der Gesamtstickstoff wurde nach der von Willfarth verbesserten Kjeldahl'schen Methode bestimmt. Es wurden bei 1 gr Substanz 40 ccm Säure vorgelegt, welche 61,65 ccm Na O H entsprachen; um Fehler auszuschliessen, führte ich die Untersuchungen für jedes Ferment doppelt aus. Ergab sich bei der Titration kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Resultaten, so subtrahierte ich diese Werte von 61,65 und multiplizierte dann das Mittel der erhaltenen Differenzen mit 0,003457 (bezw. für die Angaben in Prozenten mit 0,3457), da 1 ccm meiner Lauge 0,003457 gr Stickstoff entsprach.

Es ergab sich auf diese Weise:

für Ptyalin:

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 30,32 | 30,32 |
| 31,33 | 31,33 |

$$31{,}33 \times 0{,}3457$$

$$= 10{,}830781$$

also

10,83% Gesamt-N.

für Pepsin:

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 35,90 | 36,10 |
| 25,75 | 22,55 |

25,65 × 0,3457

= 8,867205 also 8,87%.

für Pancreatin:

(einmal ausgeführt mit 1,01 gr.)

61,65
32,15
29,50 × 0,3457

= 10,19815

1,01/10, 19815 = 10,1

also 10,1% Gesammt-N.

für Trypsin

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 24,90 | 25,20 |
| 36,75 | 36,45 |

36,60 × 0,3457

= 12,65262, also 12,65%

Um nun zu erfahren, wieviel von dem Gesammt-N als Eiweiss vorhanden sei, wurde, gleichfalls in Doppelbestimmungen, nach Stutzer verfahren, und zwar so, dass je 1 gr der 4 Fermente mit der vorgeschriebenen Menge Wassers zum Kochen gebracht wurde, wobei ich darauf achtete, dass sich die gesammte Substanz gleichmässig im Wasser verteilte. Von dem Kupferoxyd wurden je 5 ccm zugesetzt, und ich fand so mit Hülfe der Willfarth-Kjeldahl'schen Methode

im Ptyalin:

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 55,58 | 55,58 |
| 6,07 | 6,07 |

6,07 × 0,3457
also 2,10%.

im Pepsin

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 39,10 | 38,75 |
| 22,55 | 22,90 |

22,73 × 0,3457
= 7,857761 also 7,86%.

im Pancreatin:

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 55,60 | 55,65 |
| 6,05 | 6,00 |

6,03 × 0,3457
= 2,084571 also 2,08%

im Trypsin:

| | |
|---|---|
| 61,65 | 61,65 |
| 49,35 | 49,35 |
| 12,30 | 12,30 |

12,30 × 0,3457
= 4,2521 also 4,25%.

Sodann führte ich die Aschebestimmung aus. Zu diesem Zwecke glühte ich jedesmal 1 gr der Substanz im Platintiegel bis zur Weisse aus und fand dann:

a) für Pepsin:
15,7243 Brutto
15,5556 Tara (Tiegel)

0,1687 Asche d. h.
16,87% Asche.

b) für Ptyalin:
15,6130 Tiegel m. Asche
15,5530 Tiegel

0,06 Asche = 6%.

c) für Pancreatin:
15,6095 Tiegel m. Asche
15,5529 Tiegel

0,0566 = 5,66% Asche.

d) für Trypsin:
147740 Tiegel m. Asche
147055 Tiegel

0,0685 = 6,85% Asche.

Hierauf wurde der Wassergehalt der Fermente ermittelt. Ich stellte je 2 gr der Substanzen in einem Glasnäpfchen ca. 5 Stunden bei 105° in den Trockenschrank und konstatierte alsdann:

a) für Ptyalin:

Vor dem Trocknen 19,0711 =
(2 gr. Substanz und Näpfchen)
Nach dem Trocknen 18,9712

Differenz 0,0999

Die letzte Zahl mit 50 multipliziert, ergiebt also für Ptyalin einen Wasserverlust von 4,995%.

Daher Trockensubstanz 94,12%.

Da diese Bestimmung scheinbar zu niedrig ausfiel, wiederholte ich sie. Hierbei fand sich:

19,2178
19,1590

0,0588 = 5,88%.

b) für Pepsin:

Vor dem Trocknen 21,3114
Nach dem Trocknen 21,1179

Differenz 0,1935

Dies bedeutet einen Wasserverlust von 9,675%
daher Trockensubstanz 90,325%

c) für Pancreatin:

Vor dem Trocknen 20,3153
Nach dem Trocknen 20,0354

Differenz 0,2799

= 13,995% Wasserverlust, daher Trockensubstanz 86,005%.

d) für Trypsin:

Vor dem Trocknen 26,0323
Nach dem Trocknen 25,8145

Differenz 0,2178

= 10,89% Wasserverlust, daher Trockensubstanz 89,11%.

Die Menge des in den Fermenten enthaltenen Fettes stellte ich in der Weise fest, dass ich den Präparaten zunächst durch den Trockenschrank das Wasser entzog und dann das Fett mit Aether extrahierte, darauf bestimmte ich den Gewichtsverlust der Substanz. Ich

arbeitete mit je 2 gr in Doppelbestimmungen. Der Fettgehalt betrug:

im Ptyalin:

| | | |
|---|---|---|
| Brutto | 12,9036 | 13,4993 |
| — Kölbchen | IX. 12,6917 | VIII. 13,2915 |
| | 0,2119 | 0,2078 |

0,2099 × 50.

= 10,495%.

im Pepsin:

| | | |
|---|---|---|
| Brutto | 15,3962 | 12,3470 |
| — Kölbchen | VII. 15,3043 | V. 12,2525 |
| | 0,0919 | 0,0945 |

0,0932 × 50

= 4,66%

im Pancreatin:

| | | |
|---|---|---|
| Brutto | 16,0206 | 15,4505 |
| — Kölbchen | I 15,7212 | II. 15,1446 |
| | 0,2994 | 0,3059 |

0,3027 × 50

= 15,135%.

Die Menge des Fettes im Trypsin konnte ich wegen Mangels an Substanz nicht feststellen.

Im Aetherexstrakt wurde N bestimmt. Dabei ergab sich:

VIII. 1,70% N. IX. 1,51% N.

1,61% N.

V. 1,30% N. VII. 1,15% N.

1,23% N.

I. 1,65% N. II. 1,73% N.

1,69% N. im Aetherextrakt.

Zur besseren Uebersicht gebe ich die folgende

## Tabelle.

| % Gehalt an | Ptyalin | Pepsin | Pan-creatin | Trypsin |
|---|---|---|---|---|
| N überhaupt | 10,83 | 8,87 | 10,1 | 12,65 |
| N in Eiweiss | 2,10 | 7,86 | 2,08 | 4,25 |
| Asche | 6,0 | 16,87 | 5,66 | 6,85 |
| Wasser | 5,88 | 9,675 | 13,995 | 10,89 |
| Trockensubstanz | 94,12 | 90,325 | 86,005 | 89,11 |
| Fett (Aetherextract) | 10,495 | 4,66 | 15,135 | Nicht festgestellt |
| Im Aetherextract N | 1,61 | 1,23 | 1,69 | – |

## II.

Ich stellte nun noch eine Untersuchung darüber an, wie die genannten Fermente sich in Lösungen verhalten, wenn sie im Brütschranke gehalten wurden. Ich wollte auf diese Weise erfahren, ob die Fermente selbst gelöst, ähnliche Reactionen erzeugen, wie die aus Eiweiss entstehenden Verdauungsproducte. Zu je 0,2 gr. Substanz wurden in einem Erlenmeyer'schen Kölbchen 200 ccm. dest. Wasser von 37° gesetzt und alle Kolben etwa 17 Stunden lang bei derselben Temperatur (Körpertemperatur) dem Brütschrank überlassen. Hierauf filtrierten wir, um das Gelöste vom Rückstand zu trennen, die Flüssigkeiten; dieselben zeigten Verschiedenheiten, und zwar verhielten sie sich im einzelnen folgendermassen:

Die Ptyalinflüssigkeit reagierte ganz schwach alkalisch. Das Ptyalin hatte sich bis auf wenige Flöckchen gelöst. Die Flüssigkeit filtrierte sehr schlecht. Die zurückbleibenden Flöckchen sahen aus wie dünne Häutchen, beinahe wie Schleimflöckchen. Das Filtrat erschien leicht getrübt. Nach Zusatz von Pikrinsäure, von Gerbsäure, von Salpetersäure blieb es vollständig klar. Eiweiss war daher nicht vorhanden.

### Die Pepsinflüssigkeit.

Am Boden lag eine körnige Masse, augenscheinlich Pepsinrückstand, die trotz wiederholten Schüttelns nicht aufzulösen war. Die Pepsinflüssigkeit reagierte schwach sauer und zwar in höherem Grade sauer als die anderen Flüssigkeiten alkalisch, filtrierte gut. Das Filtrat er-

schien leicht getrübt. Es wurde gekocht. In demselben wurde weder mit Pikrinsäure noch mit Gerbsäure noch mit Salpetersäure irgend eine Fällung hervorgerufen. Eiweisskörper waren also auch hier nicht vorhanden.

Die Lösung blieb beim Erhitzen unverändert, selbst bei 90° und mehr.

Auch das Pancreatin war mit ziemlichem Rückstand gelöst (flockig, kleine Körnchen). Es filtrierte mittelmässig. Die Flüssigkeit war leicht getrübt, ganz schwach gelblich. Sie reagierte ganz schwach alkalisch. Die Pikrinsäure- und Gerbsäure-Reaction fielen negativ aus.

Das Trypsin war ebenfalls trüb mit einigen Flocken gelöst. Es filtrierte mittelmässig. Die erwähnten Säuren bewirkten im Filtrat keine Ausfällung von Eiweiss.

## III.

Die nächste Untersuchung stellte ich mit Hühnereiweiss, Ptyalin und 50 ccm Wasser an. Nach der Entnahme aus dem Brütschrank hatte ich folgenden Befund:

Die in Klumpen in die Flüssigkeit hineingekommenen Stücke waren durch die Einwirkung des Ptyalins bis auf wenige Rückstände zu einer milchigen Flüssigkeit geworden. Die zur Erkennung der an dem Eiweiss vor sich gegangenen Veränderungen angestellten Reactionen fielen folgendermassen aus:

$HNO_3$: schwache Trübung, Ferrocyankalium und Essigsäure: leichte Trübung, Gerbsäure: Trübung, Biuretreaktion: negativ, Ammoniumsulfat: starke Fällung.

Ich filtrierte dann die Flüssigkeit. Sie ging opal durch das Filter durch.

Das Filtrat hellte sich beim Kochen durchaus auf. Es zeigte sich keine Spur einer Gerinnung. $HNO_3$ rief eine merkwürdige rote Färbung und zugleich eine Trübung, im grossen und ganzen aber unbedeutend, hervor.

Ferrocyankalium und Essigsäure: kein Niederschlag Gerbsäure: Niederschlag, aber schwach, Biuretreaktion: negativ, Ammoniumsulfat: starker Niederschlag, $Zn\,SO_4$: starker Niederschlag.

Der Umstand, dass durch das Ptyalin das Eiweiss zum mindesten emulsioniert war, veranlasste mich, noch einmal 2 Fläschchen anzusetzen. Das eine, zur Kontrolle, enthielt nur destill. Wasser und Eiweiss, das zweite Fläschchen Eiweiss, Ptyalin und Wasser, beide in den-

selben Mengenverhältnissen wie gewöhnlich. Die Reaction in beiden Fällen war neutral, wovon ich mich durch eine Probe mit Lackmuspapier überzeugte.

Ei mit Wasser allein.

Reactionen:

$HNO_3$: negativ, Ferrocyankalium und Essigsäure: leichte Trübung, Gerbsäure: Niederschlag, aber nicht sehr stark, Biuretreaction: negativ, Ammoniumsulfat: negativ.

Das Wasser ist also ohne jegliche Einwirkung.

Ei mit Wasser und Ptyalin zum zweiten Mal.

Es sind noch einige Stückchen in der Flüssigkeit. Die Lösung ist keine so vollkommene wie die am Tage vorher. Die Flüssigkeit ist opal.

Reaktionen:

Kochprobe: negativ. $HNO_3$: unbedeutend. Xanthoproteinreact.: deutlich positiv, Ferrocyankal. und Essigsäure: sehr schwach, Gerbsäure: positiv aber schwach, Biuretreact.: negativ. Ammoniumsulfat: positiv, $Zn\,SO_4$: positiv.

Bei Zinksulfat ist bei derselben Flüssigkeit und derselben Reaction noch eine deutliche Flockenbildung zu sehen, während bei Ammoniumsulfat nur eine Trübung auftritt. $Zn\,SO_4$ wirkt also am deutlichsten.

Ei mit Salzsäure.

Die in der Salzsäure befindlichen Stücke waren stark gequollen.

Reactionen:

$HNO_3$: negativ, Kochprobe: negativ, Xanthoproteinreact.: positiv, Ferroc. und Essigsäure: ganz leichte Trübung, Gerbsäure: positiv, aber schwach, Ammoniumsulfat: positiv, $Zn\,SO_4$: positiv, Biuretreact.: ganz schwach positiv.

Ei mit Salzsäure und Pepsin.

Eiweiss war durch Kochen gehärtet, dann zerrieben und durch ein feines Sieb gegeben; mit 0.1%iger HCl übergossen in den Brutofen gestellt und nach 24 Stunden untersucht. Das Eiweiss war fast völlig in der Flüssigkeit gelöst. Nur ganz kleine Körnchen trübten die Flüssigkeit etwas.

Reactionen mit dem Filtrat.

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: negativ, Ferroc- und Essigsäure: positiv, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv, Xanthoproteinr.: positiv, Ammonsulfat: positiv, $Zn\,SO_4$: positiv.

Eiweiss, Ptyalin, HCl und Pepsin.

Nach dem Stehen im Brütschrank waren die Substanzen zu einer trüben Flüssigkeit gelöst.

Reaktionen:

Kochprobe: sehr schwache Trübung, $HNO_3$: schwach positiv, Ferrocyankal u. Essigsäure: sehr schwache Trübung, Gerbsäure: starker Niederschlag, Biuretr.: positiv, Ammoniumsulfat: stark positiv, Xanthoproteinr.: positiv, $Zn\,SO_4$: leichte Trübung.

Ich machte nun die Ei-HCl-Pepsin-Flüssigkeit mit Natriumcarbonat alkalisch und that ungefähr 0,1 gr Pancreatin hinzu. Als ich so das Kölbchen dem Brutschrank überlassen hatte, fielen die Reactionen folgendermassen aus:

Kochprobe: negativ, Ferroc. und Essigsäure: negativ, $HN\,O_3$: negativ, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv, Xanthoproteinr. positiv, Ammonsulfat positiv, $Zn\,SO_4$: positiv, nach dem Neutralisieren.

Ebenso verfuhr ich mit der Ei-Ptyalin-HCl-Pepsin, Flüssigkeit. Diese verhielt sich dann wie folgt:

In der trüben Flüssigkeit befanden sich viele ungelöste, teils kleine, teils grössere Körnchen, anscheinend von Pancreatin. Sie hatte einen Geruch wie Bouillon.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: negativ, Ferroc. und Essigsäure: negativ, wenigstens höchst undeutlich, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv, Xanthopr.: positiv, Zn $SO_4$: positiv, Ammon. sulfat: positiv, aber nicht stark.

Ich benutzte nun Aleuronat zu meinen Untersuchungen.

Aleuronat, Ptyalin, Wasser.

Flockig, körnige Trübung.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: positiv, Ferroc. und Essigsäure: schwach positiv, Gerbsäure: stark positiv, Biuretr.: positiv, Xanthoproteinr.: schwach positiv, Zn $SO_4$: positiv, Ammon. sulfat: stark positiv.

Aleuronat, Ptyalin, HCl, Pepsin.

Trübe Flüssigkeit. Am Boden und auch in der Flüssigkeit schwimmen reichliche Flocken. Die Flüssigkeit filtrierte mässig und trübe. Beim Kochen wurde sie klar, irgend ein Coagulum war nicht zu bemerken.

Reactionen:

Trommer'sche Probe: negativ, Stärkereaction: negativ, Erythrodextrinreact.: positiv, $HNO_3$: negativ, Xanthopr. r.: positiv, Ferroc. und Essigsäure: Trübung mit Flöckchen, Gerbsäure: sehr stark positiv, Biuretr. positiv, Zn $SO_4$: positiv, Ammon. sulfat: stark positiv.

Um sicher zu sein, dass wirklich noch Kohlehydrat dabei war, machte ich eine

α-Naphtholreaction,

welche stark positiv ausfiel.

Die Flüssigkeit wurde nun ebenfalls mit Natriumcarbonat alkalisch gemacht, und nach Zusatz von 0,1 gr. Pancreatin in den Brutschrank gestellt.

Aleuronat, Ptyalin, HCl, Pepsin, Natrium carbonat, Pancreatin.

Trübe Flüssigkeit, filtrierte schlecht.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: sehr schwach positiv, Ferroc. und Essigsäure: schwache Trübung, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv, Xanthopr. r.: positiv, $Zn\,SO_4$: positiv, Ammoniumsulfat; leichte Trübung.

Dieselben Untersuchungen stellte ich mit Plasmon an; zuerst wieder mit Ptyalin und Wasser. Als ich das Plasmon in das warme Wasser brachte, löste es sich, bezw. quoll zu einer trüben, milchigen Flüssigkeit. Diese schäumte stark. ($CO_2$).

Plasmon, Ptyalin, Wasser.

Trübe Flüssigkeit mit Flocken. Starker, an Milch erinnernder Geruch.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: höchstens sehr schwach positiv, Ferroc. und Essigsäure: sehr schwach positiv, Gerbsäure: positiv, Xanthropr. r. sehr schwach positiv, Biuretr.: positiv, $Zn\,SO_4$: positiv, Ammon. sulfat: undeutlich positiv.

Nach Zusatz von etwas reichlich HCl lösen sich die Flocken in der Flüssigkeit auf.

Plasmon, Ptyalin, HCl. Pepsin.

Trübe Flüssigkeit. Es scheint Alles aufgelöst zu sein.

Reactionen.

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: negativ, Xanthropr. r. sehr schwach positiv, Ferroc. und Essigsäure: sehr schwach positiv, Gerbsäure: positiv, Biuretr. positiv, Ammon. sulfat positiv.

Plasmon, Ptyalin, HCl, Pepsin, Natriumcarbonat, Pancreatin.

Trübe Flüssigkeit mit Flocken und Körnchen, von widerlichem Fäulnisgeruch.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: positiv. Xanthopr. r.: positiv, Essigsäure und Ferroc.: negativ, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv. Zn $SO_4$: positiv, Ammon. sulfat: positiv, nicht sehr stark.

Endlich arbeitete ich mit Tropon.

Das Tropon lag, nachdem ich es in das warme Wasser gebracht hatte, mit Ausnahme von einigen Flöckchen, die in der Flüssigkeit schwammen, am Boden.

Tropon, Ptyalin, Wasser:

Trübe Flüssigkeit, die Substanz lag ungelöst am Boden.

Reactionen:

Kochprobe: äusserst schwach positiv (?) $HNO_3$: sehr schwach positiv, Xanthopr. r.: sehr schwach positiv, Ferroc. und Essigsäure: äusserst schwach positiv, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv, Zn $SO_4$: sehr schwach positiv, Ammon. sulfat: undeutlich positiv.

Tropon, Ptyalin, Salzsäure, Pepsin.

Trübe Flüssigkeit mit einer Wolke von feinen Körnchen. Noch nicht alles ganz gelöst.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: positiv, Xanthoprot. r. äusserst schwach positiv, Ferroc. und Essigsäure: schwach positiv, Gerbsäure: positiv. Biuretr.: positiv, Zn $SO_4$: positiv, Ammon. sulfat: positiv.

Tropon, Ptyalin, HCl, Pepsin, Natriumcarbonat, Pancreatin.

Eine trübe Flüssigkeit, die viele sehr feine Körnchen enthielt.

Reactionen:

Kochprobe: negativ, $HNO_3$: positiv. Xanthopr. r.: positiv, Ferroc. und Essigsäure: negativ, Gerbsäure: positiv, Biuretr.: positiv, Zn $SO_4$: positiv, Ammoniumsulfat: positiv.

| | A. Farbenreactionen | | | B. Fällungsreactionen | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 Xanthoprotein | 2 Biuretreact. | 1 Kochprobe | 2 Salpeters. | 3 (Essigs. u. Ferroc) | 4 Ammonsulfat | 5 Zinksulfat | 6 Gerbsäure |
| 1. Hühnereiweiss + Salzsäure. | + | sehr schwach | — | — | sehr schwach | + | sehr schwach | schwach |
| 2. Hühnereiweiss + Salzsäure + Pepsin. | + | + | — | — | + | + | + | + |
| 3. Hühnereiweiss + Ptyalin + HCl + Pepsin | + | + | sehr schwach | schwach | sehr schwach | + | + | + |
| Zu 2 + Pancreatin + Soda | + | + | - | — | — | + | + | + |
| Zu 3 Pancreatin Soda | + | + | — | — | — | + schwach | + schwach | + |
| **Aleuronat** | | | | | | | | |
| 1. + Ptyalin und Wasser | + | + | — | + | schwach | + | + | + |
| 2. Al. + Ptyalin + HCl + Pepsin | + | + | — | — | schwach | + | + | + |
| 3. Al. 2) + Pancreatin + Soda | + | + | - | schwach | schwach | schwach | + | + |
| **Plasmon.** | | | | | | | | |
| 1. + Ptyalin und Wasser | schwach | + | — | — | schwach | ? | + | + |
| 2. 1) + HCl. + Pepsin | + | + | — | — | + | + | + | + |
| 3. 2) + Soda + Pancreatin. | + | + | — | + | — | + | + | + |
| Trommersche Probe — | | | | | | | | |
| Stärkereaction — | | | | | | | | |
| Erythrodextrin react. + und α-Naphtolreaction + | | | | | | | | |
| **Tropon.** | | | | | | | | |
| 1. + Ptyalin und Wasser. | schwach | | ? | schwach | schwach | + | + | ! |
| 2. 1) + HCl. + Pepsin. | + | + | | + | + | + | + | ! |
| 3. 2) + Soda + Pancreatin. | + | + | — | + | — | + | + | ! |

# IV.

## Künstliche Verdauungs-Versuche.

Tropon wird bei 110°, sodann über wasserfreier Phosphorsäure bis zum constanten Gewicht getrocknet.

In je 3 Kölbchen wird abgewogenes Tropon gethan, je 3 Kölbchen gehören zu einer Reihe, die sich von den anderen durch Pepsin verschiedener Herkunft unterscheidet. Es entstehen so die Reihen

| | a. Pepsin F. A. | b. Pepsin W. | c. Pepsin M. |
|---|---|---|---|
| Es wurden abgewogen Tropon | | | |
| Kölbchen 1. | 1,002 g | 1,021 g | 1,011 g |
| 2. | 1,005 „ | 1,006 „ | 1,523 „ |
| 3. | 1,012 „ | 1,797 „ | 1,174 „ |

Für jedes Kölbchen gelangte sodann zur Anwendung 50 ccm 0,2procentiger Salzsäure und je 0,001 gr Pepsin, und zwar wurde die Lösung so erzielt, dass je 0,003 gr des entsprechenden Pepsins mit 150 ccm 0,2procentiger Salzsäure gemischt wurden und von diesem Gemenge die oben erwähnten 50 ccm dem Tropon zugefügt wurden. Die Kölbchen wurden dann 24 Stunden lang in demselben Brütofen bei 40° C belassen.

Nach dieser Zeit werden sämmtliche Kölbchen mit n/10 Natronlauge so neutralisiert, dass das Neutralisationspräcipitat ausfällt. Es wird dann filtriert, Filter mit Rückstand je getrocknet wie oben, und es ergiebt sich dann

| | a. | | b. | | c. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | | % | | % |
| Nettogewicht d. Rückstand. 1. | 0,001 | (Spuren) | 0,031 | 3,03 | 0,059 | 5,83 |
| „ „ „ 2. | 0,012 | 1,19 | 0,022 | 2,18 | 0,084 | 5,51 |
| „ „ „ 3. | 0,021 | 2,05 | 0,067 | 3,72 | 0,069 | 5,87 |
| Durchschnitt | | 1,08 | | 2,98 | | 5,74 |

Aus diesem Versuche geht klar hervor, dass die Verdaulichkeit des Tropons abhängig ist von der Qualität des angewendeten Pepsins. Obgleich alle angewandten Pepsinpräparate bessere Resultate geliefert haben, wie die Mehrzahl der gewöhnlich käuflichen, so erweist sich doch das Pepsin F. A. als das beste. Es wird deshalb für die späteren Verdauungsversuche zur Anwendung ausgesucht und davon ein ganz frisches Präparat bestellt.

Da es schien, dass es notwendig sei, festzustellen, wie Tropon bei Verdauungsversuchen, da es in Wasser unlöslich ist, sich verhalte gegenüber im Wasser löslichen Eiweis- (auch Pepton-) Körpern, wurde verglichen Tropon und Pepton Kemmerich.

Von beiden Präparaten wurde ein gewisser Teil bis zum constanten Gewicht getrocknet im Ofen und dann abgewogen von Tropon 0,961 gr., von Pepton Kemmerich 0.992 gr. Die Behandlung mit Salzsäure und die Pepsinmenge waren gleich den oben angegebenen d. h. für jedes Kölbchen 50 ccm 0,2procentiger Salzsäure und 0,001 gr Pepsin. Nach 24 Stunden, nachdem die Kölbchen bei 40 Grad C im Brütofen gestanden hatten, mit n/2 Na O H neutralisiert, sodann filtriert, das Filtrat eingedampft bis zur Trockne, getrocknet wie oben — ergab für Tropon 0,960 gr., Pepton Kemmerich 0,975 gr. Verdaut also von Tropon 99,8% der Trockensubstanz, von Pepton Kemmerich 98,2%. So scheint hiernach ganz gleichgültig, ob das angewendete Pepsin auf vorher schon irgendwie behandelte käufliche Präparate, oder auf geuine Eiweisskörper wirkt wie Tropon.

Tropon wird in zwei verschiedenen Proben, verschieden nur dadurch, wie bisher anzunehmen, nach der Art resp. dem Zeitpunkt der Fabrikation bis zur Trockne, wie vorher beschrieben, zu constantem Gewicht gebracht. Es werden abgewogen: Tropon A 1,232 gr. Tropon B

1,294 gr. Salzsäure für jedes Kölbchen 50 ccm 0,2-procentiger. Pepsin 0,001 gr. Für 24 Stunden im Brütofen belassen bei 40 Grad C. Es wird sodann neutralisiert mit n/2 Na O H, filtriert. Die opale Flüssigkeit hinterlässt auf dem Filter in beiden Fällen kaum einen Rückstand. Das Filtrat wird eingedampft bis zur constanten Trockne und gefunden für A-1,230 gr. B-1,290 gr.

Es sind also verdaut worden von A 99,8 Procent von B 99,7 Procent, beide Präparate verhalten sich also ziemlich gleich.

In beiden Präparaten wird der Stickstoffgehalt nach Kjeldahl-Willfahrt (Argutinski) bestimmt Der gefundene Stickstoff mit 6,25 multipliciert, ergiebt für das Präparat A einen Eiweissgehalt auf nasse Substanz berechnet von 91,2 Procent, für B 91,05 Procent.

Der Versuch ist wesentlich eine Wiederholung des vorher beschriebenen und ergiebt für die eingedampften verdauten Massen für A 99,49 Procent, für B 99,51 Procent Trockensubstanz.

Im Mittel aller Verdauungsversuche von Tropon mit Pepsin F. A. ergiebt sich

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Durchschnitt | 98,92 % |
| 2. | | 99,8 „ |
| 3. | | 99,8 „ |
| | | 99,7 „ |
| 4. | | 99,49 „ |
| | | 99,51 „ |
| Demnach im Durchschnittt verdaute Substanz | | 99,54 % |

## Ergebnisse.

1) Die käuflichen Fermente sind nach ihrer chemischen Zusammensetzung verschieden in Bezug auf

ihren Eiweissgehalt, sie folgen sich in dieser Beziehung so, dass Ptyalin, Pancreatin den niedrigsten, Trypsin einen mittleren, Pepsin den höchsten aufweist.

2) Umgekehrt ist ihre Zusammensetzung in Bezug auf Aetherextrakt, von dem Pepsin am wenigsten enthält.

3) Der Aetherextrakt der Fermente enthält noch N-haltige Bestandteile.

4) Die Verdaulichkeit der angewendeten Nährpräparate ist qualitativ nicht verschieden in den künstlichen Verdauungsgemischen.

5) Das Tropon ist durch Pepsin und Salzsäure vollkommen in Pepton überführbar.

---

Für die freundliche Ueberlassung und Durchsicht der Arbeit bin ich Herrn Professor Finkler zu grösstem Dank verpflichtet, den ich an dieser Stelle auszusprechen mir erlauben möchte. Grossen Dank schulde ich auch Herrn Dr. phil. Lichtenfelt für gütige Unterstützung bei der Ausführung der chemischen Untersuchungen.

# Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Wilhelm Adolf Schütz, am 10. Juli 1878 zu Burbach in Westfalen als Sohn des Kaufmannes Ludwig Schütz und seiner Gemahlin Lina geb. Ginsberg. In meinem Heimatsorte durch Privatunterricht vorgebildet, besuchte ich bis Ostern 1893 das Gymnasium zu Dillenburg, von da an das Gymnasium zu Barmen, das ich Ostern 1896 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um Medizin zu studieren Das erste Semester verbrachte ich in Bonn; meine damaligen Lehrer waren die Herren:

Anschütz, Kayser, Kochs, Schiefferdecker, Strasburger, v. La Valette St. George.

In den 3 folgenden Semestern studierte ich in Marburg und genoss dort den Unterricht der Herren:

Brauer, Disse, Gasser, Kossel, Korschelt, Kühnemann, Melde, A. Meyer, Zincke, Zumstein.

Ende des vierten Semesters bestand ich daselbst das Tentamen physicum.

Im 5. Semester nahm ich in München an den Vorlesungen und Cursen folgender Herren teil:

Bauer, Seitz, Schmitt, Tappeiner, v. Winckel;

im 6. Semester in Heidelberg an denjenigen der Herren:

Arnold, Erb, Fleiner, Gottlieb, Kehrer, Lossen, Marwedel.

Ostern 1899 kehrte ich nach Bonn zurück, um die letzten 3 Semester zu absolviren; im 8. Semester, am

23. Februar 1900, bestand ich das Examen rigorosum. Im Winter 1900/01 legte ich die ärztliche Staatsprüfung ebenfalls in Bonn ab und beendigte diese am 30. April 1901. Meine Lehrer während der 3 letzten Semester waren die Herren:

Binz, Doutrelepont, Eichler, Finkler, Fritsch, Hummelsheim, Koester, Krukenberg, Kruse, Leo, Pelman, Pletzer, Petersen, Saemisch, Schede, Schröder, Schultze, Ungar.

Allen diesen hochverehrten Herren an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank.